

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)
www.bcrp.gob.pe/publicaciones/revista-estudios-economicos/estudios-economicos-no-17.html

*Un Modelo Semi-estructural de Proyección para la Economía Peruana**

Marco Vega[a,♦] **Saki Bigio** **David Florián** **Gonzalo Llosa**

Shirley Miller **Nelson Ramírez** **Donita Rodríguez** **Jorge Salas**

Diego Winkelried

Resumen

El documento describe el Modelo de Proyección Trimestral (MPT) utilizado por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) para fines de simulación de política monetaria y de proyección de las principales variables macroeconómicas. La estructura básica del modelo es una aproximación a la representación lineal de un modelo de equilibrio general dinámico para una economía pequeña y abierta con dolarización parcial. El modelo incorpora expectativas racionales y posee un fundamento neo-keynesiano (rigidez de precios) que permite un rol de la política monetaria sobre las variables reales en el corto plazo.

Clasificación **JEL**: E37; E52; E58; F41.

Palabras clave: Modelo semiestructural, Proyecciones macroeconómicas, Perú.

* El Modelo de Proyección Trimestral (MPT) se creó en 2004, mejorando las características presentadas en Luque y Vega (2003) y se ha beneficiado de numerosos comentarios y sugerencias del personal del BCRP así como de los participantes a seminarios en la Reserva Federal de Atlanta (2004), el Encuentros de Economistas del BCRP (2006), el Encuentro REDIMA sobre Desarrollo de Modelos Macroeconómicos en América Latina (Santiago de Chile, 2007) y el Workshop sobre Proyección de Inflación (Santiago de Chile, 2008).

[a] Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miro Quesada 441, Lima 1, Perú, Teléfono: +511 613-2042. Correo electrónico: marco.vega@bcrp.gob.pe

♦ Autor de contacto. Los demás autores han conformado el grupo de trabajo en diversas etapas del modelo de proyección iniciado en 2004.

1. Introducción

El proceso de toma de decisiones de política monetaria del Banco central está fundamentado en la mejor información disponible en cada ronda de decisión y la guía que proveen distintos modelos de predicción macroeconómica. En particular, el modelo macroeconométrico trimestral conocido bajo el nombre de MPT (Modelo de Proyección Trimestral) ha servido de referencia importante para la política monetaria en tanto ha permitido a la autoridad monetaria representar el funcionamiento de la economía de manera simplificada y agregada, reflejando los distintos canales de trasmisión.

Este documento detalla las características básicas de la versión del MPT utilizada hacia diciembre de 2007 para realizar simulaciones de política y proyecciones de las principales variables macroeconómicas. Es importante precisar que – desde su primera versión de 2004 – el MPT ha ido evolucionando en varias dimensiones: parámetros cambiantes resultantes de actualizaciones de estimaciones econométricas, incorporación de nuevas variables para capturar mejor la dinámica y desagregación de las variables, cambio de definición de algunas variables y cambios en la estructura misma del modelo. Esta continua actualización del MPT responde a la necesidad de adaptación a la realidad cambiante.

El MPT es un modelo dinámico de tipo semi-estructural que posee la estructura mínima necesaria para explicar el comportamiento agregado de una economía pequeña y abierta con dolarización parcial[1]. En este sentido, la estructura que describe el MPT no pertenece a un modelo que parte de las preferencias y tecnologías básicas de los agentes económicos sino de un conjunto de “ecuaciones de comportamiento”[2]. No obstante, la bondad de los modelos semi-estructurales como el MPT es su simplicidad para representar los principales canales de transmisión de la política monetaria de un modo coherente y versátil, así como su capacidad predictiva.

El MPT cuenta con 4 bloques de comportamiento básicas: (1) Oferta agregada, (2) Demanda agregada, (3) Paridad descubierta de tasas de interés y (4) Regla de política monetaria. Estas relaciones capturan la dinámica de corto plazo que existe entre las principales variables

[1] Este tipo de modelo es similar a los usados por diversos bancos centrales. La lógica y el uso de estos modelos se describe en Berg et.al (2006a, 2006b).

[2] Tales ecuaciones de comportamiento pueden ser entendidas como formas lineales obtenidas a partir de relaciones no lineales más complejas derivadas del comportamiento óptimo de uno o más agentes económicos sujeto a las preferencias, tecnologías y estructuras de mercado.

macroeconómicas. Por ello, las ecuaciones determinan el comportamiento de las variables reales definidas como brechas respecto a sus niveles de tendencia, abstrayéndose de la determinación de las variables reales en el largo plazo. Esta estructura reconoce que las variables reales pueden discrepar de su tendencia de largo plazo debido a la presencia de imperfecciones (rigidez de precios) que permiten un rol explícito a la política monetaria en el mediano plazo. Adicionalmente, la estructura del MPT restringe las ecuaciones de modo que reflejen neutralidad de largo plazo de las variables nominales sobre las variables reales.

Lo que resta del documento se organiza de la siguiente manera. En la segunda sección se exponen los principales bloques del modelo. Asimismo, en esta parte se hace hincapié en los principales canales de transmisión de la política monetaria subyacentes en la estructura del MPT. La tercera sección presenta la respuesta del modelo ante diferentes perturbaciones o choques sobre las principales variables del modelo. En este caso, el análisis se concentra en la manera en la que los choques desencadenan respuestas sobre las variables del modelo y la reacción de la autoridad monetaria en este contexto. Finalmente, en la sección cuarta se presentan las consideraciones finales del documento así como las futuras líneas de investigación relacionadas al desarrollo de extensiones al MPT con el objetivo de mejorar el Sistema de Proyección.

2. Estructura

El MPT es un modelo semi-estructural diseñado para representar el comportamiento de corto plazo de una economía pequeña y abierta de una manera simple. El modelo supone rigideces en el proceso de fijación de precios en el corto plazo, otorgándole así un rol estabilizador explícito a la política monetaria. Asimismo, por tratarse de una economía pequeña y abierta, el modelo incorpora no sólo las influencias de los términos de intercambio y el tipo de cambio real en la determinación de la demanda agregada, sino también el efecto traspaso (*pass-through*) de los movimientos del tipo de cambio sobre los precios finales.

A diferencia de los modelos usuales para economías pequeñas y abiertas, el MPT puede activar los canales de transmisión de la política monetaria presentes en una economía con dolarización parcial. En particular, la estructura del MPT reconoce la relevancia de la tasa de interés real en dólares sobre el comportamiento de la demanda agregada del sector no transable de la economía. En este punto, las variaciones esperadas del tipo de cambio nominal sobre dicha tasa representa una vía adicional por la cual el accionar de la política monetaria afecta a la actividad

económica. Asimismo, el modelo distingue el enfoque tradicional de competitividad del tipo de cambio real del canal *sui generis* de hoja de balance, presente en economías con pasivos altamente dolarizados.

Por otra parte, la estructura del MPT está construida para reflejar el rol de las intervenciones del BCRP como factor que puede acotar la volatilidad del tipo de cambio nominal en el corto plazo.

El MPT esta dividido en dos sistemas: corto y largo plazo. El sistema de corto plazo es endógeno y consiste en ecuaciones de comportamiento de las variables como desviaciones (o brechas) respecto a su valor de largo plazo. El sistema de largo plazo por su parte es exógeno al modelo y consta de relaciones autorregresivas suaves que gobiernan la dinámica de las variables abstrayéndose de la presencia de perturbaciones reales o monetarias de corto plazo. En este sentido, las variables de largo plazo son tratadas como tendencias que se ajustan dinámicamente al estado estacionario.

Con el propósito de facilitar la lectura del documento, a continuación se detalla la nomenclatura general del MPT[3]. Las variables con el superíndice *gap* están medidas como desviaciones (o brechas) porcentuales respecto a sus valores de tendencia, los cuales reciben el superíndice *eq*, en alusión a la palabra "equilibrio". Aquellas variables con el subíndice *ss* representan los valores de estado estacionario del modelo. Las tasas de interés y tasas de inflación que muestran el subíndice 4 simbolizan a las agregaciones anuales correspondientes. Por su parte, las expectativas calculadas en el periodo *t* del comportamiento de alguna variable, por ejemplo *x*, para el periodo *t+n*, son representadas de la siguiente manera $E_t^N[x_{t+n}]$. Si estas expectativas no tienen el superíndice *N*, representan exactamente las expectativas matemáticas consistentes con el modelo[4]. Finalmente, el símbolo Δ (delta) denota la diferencia o cambio entre la variable que procede a dicho símbolo y su rezago, por ejemplo para la variable *x*, Δx equivale a $x_t - x_{t-1}$.

En las siguientes sub-secciones se detallarán las ecuaciones de los cuatro bloques del modelo: demanda agregada, inflación, tipo de cambio y la regla de comportamiento para la tasa de interés.

[3] Es importante precisar que todas las variables del modelo están expresadas en periodicidad trimestral y que variables como la inflación y las tasas de interés están expresadas en términos efectivos anuales. Asimismo, las tasas de cambio y las brechas están expresadas en tanto por ciento y generalmente en términos logarítmicos. Una lista de los nombres de las variables y su representación es adjuntada a los anexos.

[4] $E_t[x_{t+n}]$ representa la expectativa racional tomada en t sobre la variable x_{t+n}.

2.1 Demanda Agregada

El comportamiento de la demanda agregada está determinado por la dinámica de la brecha producto. Esta variable mide las presiones inflacionarias o deflacionarias de corto plazo asociadas al ciclo económico y se mide sustrayendo del PBI real el producto potencial o de largo plazo.

La brecha producto es afectada tanto por factores endógenos (tasas de interés reales, tipo de cambio real, impulso fiscal,) como por factores exógenos (términos de intercambio, producto externo). Estos factores se pueden expresar en la siguiente ecuación

$$\begin{aligned} y_t^{gap} &= a_y y_{t-1}^{gap} - a_{rmc}[c_r r_{4,t-1}^{gap} + c_{rs} r_{ns,4,t-1}^{s,gap} + (1-c_r-c_{rs})(\Delta q_{t-1}^{US} - \Delta q_{t-1}^{US,eq})]\ldots \\ &\ldots + a_{fis} fis_t + a_{ti}[c_{ti} ti_t^{gap} + (1-c_{ti}) ti_{t-1}^{gap}] + \ldots \\ &\ldots + a_q[c_q q_t^{M,gap} + (1-c_q) q_{t-1}^{M,gap}] + a_{yus} y_t^{US,gap} + \varepsilon_{y,t} \quad , \end{aligned} \tag{2.1}$$

donde y_t^{gap} es la brecha del producto, $r_{4,t}^{gap}$ es la brecha de la tasa de interés real en soles, $r_{ns,4,t}^{s,gap}$ es la brecha de la tasa de interés real externa en nuevos soles, $\Delta q_t^{US} - \Delta q_t^{US,eq}$ es la brecha de la depreciación real bilateral, fis_t es una medida del impulso fiscal, ti_t^{gap} es la brecha de los términos, $q_t^{M,gap}$ es la brecha del tipo de cambio real multilateral, $y_t^{US,gap}$ es la brecha de producto externo y $\varepsilon_{y,t}$ es el choque de demanda.

A partir de la ecuación (2.1) se puede hacer un análisis de los distintos factores que afectan a la brecha del producto y que en última instancia afectan a la inflación. Entre estos factores se encuentran la tasa de interés doméstica, la tasa de interés externa, el tipo de cambio real, el impulso fiscal y los términos de intercambio.

2.1.1 Tasa de interés doméstica

Un primer canal por el que se transmiten los impulsos de política monetaria en el MPT está representado por la tasa de interés real doméstica. Este representa el típico canal de transmisión de la política monetaria. Cuando el banco central modifica la tasa de interés interbancaria, éste afecta a la estructura de tasas de interés de mayor plazo y de esa manera afecta a las respectivas tasas reales de interés de largo plazo, las cuales en última instancia afectan a la brecha del producto. Cabe resaltar que se utiliza como tasa referencial de largo plazo a la tasa de interés en soles a un año. Además, si las tasas reales están por encima de su valor de equilibrio se dice que

la política monetaria es contractiva; en caso contrario, cuando las tasas reales de largo plazo están por debajo de su equilibrio, la política monetaria es expansiva. Se desprende que si el banco central, a través de su manejo de la tasa nominal de corto plazo, no pudiese afectar la tasa real de largo plazo, entonces este canal no podría operar[5].

La diferencia entre la tasa real de largo plazo y su nivel de equilibrio es la brecha de la tasa real doméstica, que puede ser positiva o negativa, y es la que define si hay o no impulso monetario. A continuación se formalizan estos conceptos.

En la ecuación (2.2) se resume el comportamiento de la tasa de interés real en moneda local a un año, que esta determinada por la tasa de interés nominal doméstica a un año deflactada por las expectativas de inflación subyacente durante dicho periodo[6].

$$r_{4,t} = i_{4,t} - E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}] \quad , \tag{2.2}$$

donde $r_{4,t}$ es la tasa de interés real doméstica a 1 año, $i_{4,t}$ es la tasa de interés nominal doméstica a 1 año y $E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}]$ es la inflación subyacente anual esperada un año hacia delante

En este sentido, manteniendo las expectativas de inflación constantes, un aumento de la tasa de interés en soles de largo plazo contrae la demanda agregada. Asimismo, si la tasa de interés nominal de largo plazo se mantiene fija, la presencia de presiones inflacionarias que aumenten las expectativas de inflación expandirían la demanda agregada y por ende la propia inflación.

La ecuación (2.3) por su parte indica que la tasa de interés nominal de largo plazo $i_{4,t}$ responde a una relación de arbitraje financiero según la cual, esta tasa es igual al costo de oportunidad equivalente al retorno esperado un año adelante de las respectivas tasas de corto plazo ajustadas por una prima por liquidez $prima_t^{lp}$ de largo plazo. La prima por liquidez refleja el hecho de que los activos tanto de corto como de largo plazo no son perfectamente sustitutos.

$$i_{4,t} = \tfrac{1}{4}\{i_t + E_t[i_{t+1}] + E_t[i_{t+2}] + E_t[i_{t+3}]\} + prima_t^{lp}. \tag{2.3}$$

---

[5] Para poder afectar las tasas reales de interés a través del manejo de tasas nominales, deben existir rigideces que hagan que los precios y las expectativas no se ajusten de manera simultánea a los movimientos de la tasa nominal. En un mundo ideal de precios flexibles e información completa, una elevación de tasas nominales implica una reducción automática de precios corrientes respecto a los precios futuros que hacen que las expectativas de inflación aumenten de manera proporcional al aumento de tasas nominales y por tanto dejan la tasa real inalterada.

[6] A un horizonte de un año, la expectativa de inflación subyacente es una buena aproximación para la inflación total esperada (Ver Nota de Estudios BCRP No. 11, 2006).

De otro lado, cabe mencionar que las expectativas de inflación se determinan a partir de una estructura que combina proyecciones de la inflación subyacente 4 periodos hacia delante (expectativas racionales, denotadas por *E*) y la inflación subyacente rezagada (expectativas adaptativas)[7]. La siguiente ecuación define las expectativas de inflación relevantes para determinar la tasa de interés real.

$$E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}] = (1 - c_P)E_t[\pi_{4,t+4}^{suby}] + c_P\pi_{4,t-1}^{suby} + \varepsilon_{E\pi 4,t}. \quad (2.4)$$

En el MPT, la influencia expansiva o contractiva de la tasa de interés doméstica real de largo plazo sobre la brecha producto está dada por la diferencia entre dicha variable y su nivel de tendencia o de equilibrio. La siguiente ecuación define la brecha de la tasa de interés real de largo plazo

$$r_{4,t}^{gap} = r_{4,t} - r_t^{eq} \quad , \quad (2.5)$$

donde r_t^{eq} es la Tasa de interés real doméstica de equilibrio que funciona como referente para cuantificar el tamaño y el signo del impulso de política monetaria. Esta variable mide la tendencia de largo plazo de la tasa real de interés sin tomar en cuenta aquellos movimientos cíclicos atribuibles a la política monetaria o a los desarrollos en el mercado financiero. Es decir, la tasa real de equilibrio se mueve sólo por factores seculares o de largo plazo y comúnmente esta asociada a la noción de equilibrio de estado estacionario determinístico. En particular, en el MPT, el nivel de equilibrio de la tasa de interés real doméstica es consistente con la condición de paridad no cubierta de tasas de interés reales

$$r_t^{eq} = r_t^{s,eq} + \Delta q_t^{US,eq} + prem_t^{eq} \quad , \quad (2.6)$$

donde $r_t^{s,eq}$ es la tasa de interés real externa de equilibrio, $\Delta q_t^{US,eq}$ es la variación del tipo de cambio real bilateral de equilibrio y $prem_t^{eq}$ es el premio por riesgo de equilibrio.

La ecuación (2.6) sirve para dar consistencia al proceso de cálculo de las variables de equilibrio, por ejemplo, una tasa de equilibrio de $r_t^{eq} = 3$ por ciento se puede sostener con una tasa externa de $r_t^{s,eq} = 2$ por ciento, una depreciación real de $\Delta q_t^{US,eq} = 0$ y un premio de 100 puntos básicos ($prem_t^{eq} = 1$). Cuando se realizan proyecciones, estas variables de tendencia se

[7] Esta estructura supone un esquema de información limitada por parte de los agentes en el que estos no pueden predecir perfectamente el comportamiento de inflación en el futuro en el corto plazo.

mueven a sus valores de estado estacionario de acuerdo a procesos ARMA uniecuacionales[8] pero dejando siempre grados de libertad para que inexorablemente se cumpla la ecuación (2.6).

2.1.2 Canal de préstamos en dólares a sectores no transables

El segundo canal de transmisión en el MPT es el canal de préstamos en dólares a sectores no transables[9], el mismo que resulta importante para el caso de economías dolarizadas. La inclusión de este mecanismo de transmisión permite incorporar el costo relevante del crédito para los agentes domésticos que poseen ingresos en soles y pasivos en dólares y de este modo incorporar en el modelo la posibilidad de contar con depreciaciones contractivas. Este mecanismo parte de la existencia de segmentación en los mercados de deuda en moneda nacional y extranjera. Los agentes se ven impedidos de arbitrar en el caso de que el costo real de los préstamos en dólares aumente y por lo tanto, posponen sus decisiones de gasto.

Este canal se activa a través de la tasa de interés real externa de largo plazo relevante para los agentes no-transables. La siguiente ecuación define el comportamiento de esta variable

$$r_{ns,4,t}^{s} = i_{4,t}^{s} - E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}] + (E_t^N[s_{t+4}] - s_t) \quad , \tag{2.7}$$

donde $r_{ns,4,t}^{s}$ es la tasa de interés real en dólares para agentes no-transables, $i_{4,t}^{s}$ es la tasa de interés nominal en dólares de largo plazo, $E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}]$ es la inflación subyacente anual esperada un año hacia delante, s_t es el tipo de cambio nominal y $E_t^N[s_{t+4}]$ es el tipo de cambio nominal esperado un año hacia delante.

Por lo tanto, cuando los agentes esperan una depreciación nominal abrupta para el periodo de maduración del préstamo (un año), y ante la ausencia de un mercado completo de préstamos de largo plazo en soles perfectamente sustituto, estos no tienen otra posibilidad que posponer el préstamo que iban a tomar, deprimiendo así la demanda agregada. De esta manera, la ecuación (2.7) demuestra que aún con un alto grado de dolarización del crédito, la política monetaria afecta las tasas de interés reales de largo plazo a través de sus efectos sobre las expectativas de devaluación. Así, un incremento de la tasa de interés genera una expectativa de depreciación

---

[8] La forma típica para la variable $\omega = \{r_t^{s,eq}, \Delta q_t^{US,eq}, prem_t^{eq}\}$ es un AR(2)

$$\omega_t^{eq} = (1-\rho_{1,\omega}-\rho_{2,\omega})\omega_{ss} + \rho_{1,\omega}\omega_{t-1}^{eq} + \rho_{2,\omega}\omega_{t-2}^{eq}.$$

[9] Luque y Vega (2003) presentan una estructura de tasas similar en términos nominales.

que afecta tanto a los agentes que tienen deudas en soles como a los que tienen deudas en dólares[10].

La tasa de interés nominal en dólares de largo plazo se calcula de la misma manera (relación de arbitraje) que su contraparte en moneda nacional de acuerdo a la ecuación (2.8) donde también se incluye la prima por liquidez cambiante $prima_t^{lp,s}$. En condiciones de estrés financiero, la prima por liquidez puede elevarse ya que reflejaría el empinamiento de la curva de rendimiento.

$$i_{4,t}^s = c_{is} + \tfrac{1}{4}\{i_t^s + E_t[i_{t+1}^s] + E_t[i_{t+2}^s] + E_t[i_{t+3}^s]\} + prima_t^{lp,s}. \quad (2.8)$$

La depreciación esperada a un año se construye por la diferencia entre el tipo de cambio nominal sol por dólar esperado para dicho periodo y el tipo de cambio nominal corriente. Las expectativas de tipo de cambio a un año se forman a partir de la combinación lineal de la expectativa racional respectiva y del tipo de cambio observado en el periodo anterior (ecuación 2.9)[11]

$$E_t^N[s_{t+4}] = (1 - c_s)E_t[s_{t+4}] + c_s[s_{t-1} + \tfrac{5}{4}(\pi_{ss} - \pi_{ss}^* + \Delta q_{ss})] + \varepsilon_{Es4,t} \quad , \quad (2.9)$$

donde $E_t[s_{t+4}]$ es el tipo de cambio nominal esperado (racional) un año hacia delante.

2.1.3 Efecto hoja de balance

Un canal importante que se incluye implícitamente en el MPT es el efecto del tipo de cambio real bilateral sobre las cuentas de balance de las empresas en una economía con pasivos dolarizados y escasos instrumentos de cobertura de riesgo cambiario. Este mecanismo tiene mayor importancia en situaciones de depreciación abrupta del tipo de cambio real, afectando negativamente la estructura de activos y pasivos del estado de balance de las firmas endeudadas en dólares y el valor de los colaterales comprometidos en los bancos. El efecto hoja de balance suele ocasionar problemas de solvencia a nivel del sector real que agudiza las condiciones en el

10 Generalmente, una subida de tasas de interés i_t está asociada a una reducción de la inflación corriente y esperada y una apreciación del tipo de cambio *spot* s_t. Esto significa que si el tipo de cambio esperado $E_t^N[s_{t+4}]$ se mantiene mas o menos invariante, la tasa real $r_{ns,4,t}^s$ aumenta por el efecto de una menor inflación y por la mayor devaluación esperada un año en adelante, representando así un canal adicional de transmisión de impulsos monetarios en una economía dolarizada

11 Se asume que en estado estacionario, el diferencial entre la tasa de inflación doméstica e inflación externa es cero y que la depreciación nominal es cero. Esto implica que las expectativas adaptativas de depreciación cambiaria convergen hacia sus expectativas racionales.

mercado bancario al elevarse el riesgo de moratorias y liquidación de las empresas endeudadas en dólares.

En la práctica, se considera que el efecto hoja de balance es no lineal en el sentido de que no todas las depreciaciones cambiarias activan el canal sino más bien, aquellas que por su magnitud y carácter sorpresivo efectivamente logren precipitar una crisis financiera. Al respecto Bigio y Salas (2006) presentan evidencia empírica acerca de efectos no lineales de choques del tipo de cambio real sobre el producto y la inflación en periodos de recesión y expansión. En particular, en periodos de recesión, las depreciaciones del tipo de cambio tienen un mayor impacto recesivo[12].

Dado que el MPT es un modelo básicamente lineal, el mecanismo subyacente al efecto hoja de balance no puede ser capturado endógenamente. Sin embargo, se pueden realizar ejercicios de simulación donde se active este efecto bajo circunstancias de estrés financiero desencadenados por factores que generen depreciaciones abruptas del tipo de cambio. La activación consiste en modificar algunos parámetros del modelo (por ejemplo, un valor alto de c_q en la ecuación 2.1) de manera que generen una depreciación fuertemente contractiva en el corto plazo pero que luego de varios trimestres muestren un efecto neutro o expansivo.

La forma básica en que el MPT expresa una reacción adversa de la demanda agregada ante una depreciación cambiaria es a través del diferencial de variaciones del tipo de cambio real bilateral respecto a su equilibrio. La depreciación real bilateral de equilibrio se obtiene a partir de ecuaciones de tendencia como las definidas en la nota a pie 8, mientras que la siguiente definición muestra la variación del tipo de cambio real bilateral.

$$\Delta q_t^{US} = 4(s_t - s_{t-1}) + \pi_t^{US} - \pi_t \quad , \tag{2.10}$$

donde Δq_t^{US} es la variación del tipo de cambio real bilateral, π_t^{US} es la inflación de Estados Unidos y π_t es la inflación doméstica.

2.1.4 El impulso fiscal

Generalmente, una reducción del déficit fiscal está asociada a una fase fiscal expansiva, por ejemplo, una reducción en el déficit puede estar ligada a una caída de gastos, una elevación de ingresos fiscales o ambos. Además, existe una doble causalidad que va de los cambios del

[12] La evidencia empírica referente a efectos que dependan del tamaño del choque cambiario se ven dificultadas por la endogeneidad de las acciones de política monetaria ante dichos choques.

déficit hacia la demanda agregada y viceversa. Por ejemplo, la recaudación fiscal puede elevarse simplemente porque la demanda agregada crece y por ello el déficit puede tender a caer o los gastos a aumentar, imprimiendo así un empuje adicional a la demanda, retroalimentándose mutuamente.

Los movimientos del déficit fiscal, por tanto, se pueden dividir en movimientos cíclicos ligados a la evolución de la demanda agregada o a factores puramente discrecionales emanados de la política fiscal, como por ejemplo cambios en las tasas impositivas o la decisión de gastar más o menos independientemente de la posición del ciclo económico.

En el MPT se construye una medida de impulso fiscal que captura los cambios discrecionales de política fiscal. Esta variable corresponde al cambio en el déficit primario estructural[13]. Este déficit estructural $\left(d_t^{est}\right)$ se mide como el ratio entre el déficit primario y el PBI potencial y puede ser definida mediante la siguiente fórmula

$$d_t^{est} = g_t - t_t^{est}. \tag{2.11}$$

Así, dados los gastos públicos g_t y los ingresos fiscales estructurales t_t^{est}[14], el déficit estructural no depende de las desviaciones cíclicas del PBI, por lo que sus variaciones se usan como indicador de cambios discrecionales de la política fiscal. De este modo se define la variable cambio en el déficit primario estructural como el impulso fiscal

$$fis_t = d_t^{est} - d_{t-1}^{est}. \tag{2.12}$$

Para poder endogenizar el impulso fiscal en el MPT se puede suponer que los gastos fiscales pueden reaccionar endógenamente a los movimientos cíclicos del producto de manera tal que se busque cumplir con un déficit fiscal proyectado. Así, es posible llegar a la siguiente expresión

[13] Conocido también como déficit ajustado por el ciclo.

[14] Los ingresos fiscales nominales reaccionan a los cambios en los ingresos nominales $T_t = A\left(P_t Y_t\right)^{c_{DP}}$, donde c_{DP} es la elasticidad de los ingresos nominales respecto al producto nominal (Ver Anexo A.6). De la misma forma, los ingresos fiscales estructurales corresponden a $T_t^{est} = A(P_t Y_t^{pot})^{c_{DP}}$. Por tanto, si expresamos ambas cantidades en términos de porcentaje del PBI potencial tenemos:
$t_t = (1 + y_t^{gap})^{c_{DP}} t_t^{est}$ y $t_t^{est} = A(P_t Y_t^{pot})^{c_{DP}-1}$.

$$g_t = def_t\left(1+y_t^{gap}\right)+\left(1+y_t^{gap}\right)^{c_{DP}}\ t_t^{est}. \tag{2.13}$$

El primer término de la ecuación (2.13) representa al déficit proyectado mientras que el segundo término representa a los ingresos fiscales estructurales. Ambos términos están expresados como porcentaje del PBI potencial. La regla definida en (2.13) dice que el fisco ajusta continuamente el gasto nominal para ajustarse a un déficit proyectado, dada la recaudación fiscal. Nótese que si el componente cíclico del producto aumenta, el gasto público no financiero también lo hará, tanto por la mayor disponibilidad de ingresos fiscales como por el hecho de que el déficit proyectado (medido en Soles) aumenta.

Luego, se reemplaza la ecuación de comportamiento de gasto en la ecuación de déficit estructural

$$d_t^{est} = def_t\left(1+y_t^{gap}\right)+\left(1+y_t^{gap}\right)^{c_{DP}}\ t_t^{est}\ \text{-}\ t_t^{est}. \tag{2.14}$$

Para incorporar esta definición al modelo es necesario obtener una representación lineal de esta ecuación. Para ello se toma la parte no lineal, se la define como x_t y se la aproxima linealmente alrededor de su estado estacionario (con la brecha de estado estacionario igual a cero).

Reemplazando la aproximación lineal[15] dentro de la definición de déficit estructural y calculando el impulso fiscal respectivo resulta

$$fis_t = \left[def_t - def_{t-1}\right]+\left[\left(def_{ss}+c_{DP}c_T\right)\left(y_t^{gap}-y_{t-1}^{gap}\right)\right]+e_{fis,t}. \tag{2.15}$$

Según esta ecuación, un aumento del déficit planeado respecto al periodo anterior representa un impulso fiscal positivo y contribuye a la expansión de la demanda agregada. El impulso fiscal se vuelve positivo en este caso porque la regla de gasto introducida en (2.13) permite al gobierno gastar más *ceteris paribus*.

[15] Se toma en cuenta que x_t depende de tres variables agrupadas en $z_t = \left(def_t, y_t^{gap}, t_t^{est}\right)$, la aproximación lineal es la siguiente:

$$x_t\left(def_t, y_t^{gap}, t_t^{est}\right) = x_{ss} + \frac{\partial x_t(z_{ss})}{\partial def_t}\left(def_t - def_{ss}\right) + \frac{\partial x_t(z_{ss})}{\partial y_t^{gap}}\, y_t^{gap} + \frac{\partial x_t(z_{ss})}{\partial t_t^{est}}\left(t_t^{est} - c_T\right).$$

Asimismo, se puede observar que si la economía entra en una fase de expansión económica, el segundo término en corchetes de (2.15) implica que se dará también un mayor impulso fiscal. Esto ocurre porque una fase de expansión permite elevar los ingresos fiscales que, dado el objetivo de cumplir un mismo nivel de déficit planeado, implica que se puede generar mayor gasto público e incrementar así la demanda agregada.

2.1.5 Tipo de cambio real multilateral

En el MPT se incluye el canal tradicional del tipo de cambio real. Según este canal, una depreciación del tipo de cambio real abarata los bienes domésticos con relación a los bienes producidos por los principales socios comerciales. Esta ganancia de competitividad impulsa las exportaciones netas, hecho que afecta positivamente a la demanda agregada. En el modelo, este canal es representado por la brecha del tipo de cambio real multilateral, variable que representa el precio relativo entre los bienes producidos por los principales socios comerciales y los bienes producidos domésticamente. La siguiente identidad define a la brecha del tipo de cambio real multilateral.

$$q_t^{M,gap} = q_{t-1}^{M,gap} + \tfrac{1}{4}[\Delta q_t^M - \Delta q_t^{M,eq}] \quad , \qquad (2.16)$$

donde Δq_t^M es la variación del tipo de cambio real multilateral y $\Delta q_t^{M,eq}$ es la variación del tipo de cambio real multilateral de equilibrio.

La dinámica de la variación del tipo de cambio real multilateral viene por la inflación de nuestros principales socios comerciales, la variación del tipo de cambio sol versus una canasta de monedas y la inflación doméstica[16].

$$\Delta q_t^M = \pi_t^* + 4(s^c{}_t - s^c{}_{t-1}) - \pi_t \quad , \qquad (2.17)$$

donde π_t^* es la Inflación IPC de los principales 20 principales socios comerciales ponderados por su participación del resto de socios comerciales ajustada por cambios en las cotizaciones de las monedas respecto al dólar y s_t^c es el tipo de cambio sol versus la canasta de monedas de los 20 principales socios.

16 Ver El Recuadro No. 3 de la Memoria Anual 2006 del BCRP para una explicación detallada del cálculo del tipo de cambio real multilateral.

Finalmente, tal como se han definido anteriores variables exógenas, la tasa de inflación de los socios comerciales obedece a un promedio entre sus dos primeros rezagos y su valor de estado estacionario: π_{ss} .

$$\pi_t^* = (1 - z_{1,\pi^*} - z_{2,\pi^*})\pi_{ss}^* + z_{1,\pi^*}\pi_{t-1}^* + z_{2,\pi^*}\pi_{t-2}^* + \varepsilon_{\pi^*,t}. \quad (2.18)$$

En términos aproximados, la variación del sol respecto a la canasta es igual a la variación del sol respecto al dólar más la variación del dólar respecto a la canasta. Así, si el dólar se debilita de manera generalizada se tiene $\triangle s_t$ que baja y $\triangle \mathrm{s}_\mathrm{t}^{\mathrm{US/canasta}}$ que sube. El efecto total sobre el dólar canasta depende de cuál es la moneda que se aprecia más respecto al dólar. Si el resto de nuestros socios sufre una mayor apreciación respecto al dólar, entonces el sol contra la canasta se deprecia:

$$\triangle \mathrm{s}_\mathrm{t}^\mathrm{c} \simeq \triangle \mathrm{s}_\mathrm{t} + \triangle \mathrm{s}_\mathrm{t}^{\mathrm{US/canasta}}. \quad (2.18)$$

El MPT no modela los tipos de cambio de las monedas de nuestros socios comerciales respecto al dólar. Estos tipos de cambio son tratados como variables exógenas a la hora de hacer simulaciones. Esto quiere decir, como veremos más adelante, que la proyección se realiza por fuera del MPT utilizando la mejor información disponible.

De otro lado, la variación del tipo de cambio real multilateral de equilibrio se define como

$$\begin{aligned}\Delta q_t^{M,eq} &= yz_{ti2qm}\Delta ti_t^{eq} + yz_{pen2qm}\Delta pen_t^{eq} + \ldots \\ &\ldots + yz_{prod2qm}(\Delta y_t^{eq} - \Delta y_t^{US,eq} - (\Delta y_{ss} - \Delta y_{ss}^{US})) \quad ,\end{aligned} \quad (2.19)$$

aquí, Δti_t^{eq} es la variación de los términos de intercambio de equilibrio, Δpen_t^{eq} es la variación de los pasivos externos netos de equilibrio, Δy_t^{eq} es el crecimiento potencial, $\Delta y_t^{US,eq}$ es el crecimiento potencial externo, Δy_{ss} es el crecimiento del PBI de estado estacionario y Δy_{ss}^{US} es el crecimiento del PBI externo de estado estacionario.

El efecto final de una depreciación sobre la actividad económica depende del balance entre el canal tradicional y el canal de hoja de balance. En la calibración del MPT se consideró que la economía evoluciona en un entorno relativamente estable que implica un tipo de cambio



flexible pero poco volátil. Debido a ello, el mecanismo tradicional domina al efecto hoja de balance.

2.1.6 Condiciones Externas

En el MPT, las condiciones externas se resumen por la influencia de dos variables sobre la demanda agregada: los términos de intercambio y el nivel de actividad económica mundial. La medida de términos de intercambio incluida en el MPT mide el ratio entre el precio de las exportaciones y el correspondiente a las importaciones.

$$ti_t = p_t^x - p_t^m \quad , \tag{2.20}$$

donde ti_t mide los términos de intercambio (en logaritmos), p_t^X es el índice de precios de las exportaciones (en logaritmos) y p_t^M es el índice de precios de las importaciones (en logaritmos).

En la ecuación de la demanda agregada (2.1), los términos de intercambio ingresan como brecha respecto a su nivel equilibrio. Esta brecha de los términos de intercambio se define a partir de la brecha de sus componentes.

$$ti_t^{gap} = z_{ipx,t2ti} ti_{ipx,t}^{t,gap} + z_{ipim,a\lim 2ti} ti_{ipim,t}^{a\lim,gap} + z_{ipim,comb2ti} ti_{ipim,t}^{comb,gap} + z_{ipe2ti} ipe_t^{gap} + \varepsilon_{tigap,t} \quad , \tag{2.21}$$

donde $ti_{ipx,t}^{t,gap}$ es la brecha de los precios de exportaciones tradicionales, $ti_{ipim,t}^{a\lim,gap}$ es la brecha de los precios de alimentos importados, $ti_{ipim,t}^{comb,gap}$ es la brecha de los precios de combustibles importados e ipe_t^{gap} es la brecha del índice de los precios externos[17].

De esta manera, si se produce un incremento en el precio de exportación (o una reducción del precio de las importaciones) se genera una brecha positiva en los términos de intercambio. Al producirse esto, hay un aumento de la riqueza en la economía que impulsa la demanda agregada o brecha producto. La importancia de los términos de intercambio para explicar las fluctuaciones del producto se evidencia en Castillo et.al (2006) donde se encuentra que el

[17] Cabe remarcar que los precios externos entran tanto en el cálculo del índice de precios de importaciones como el de importaciones.

periodo 1995-2005 se tiene una mayor correlación de los términos de intercambio con el ciclo económico.

El segundo factor externo incluido en el modelo es el nivel de actividad económica mundial. La inclusión de este factor en el modelo captura el efecto cantidad sobre la demanda por exportaciones producido por una expansión de la demanda agregada de los socios comerciales. En el MPT, la medición del producto externo se realiza a través de la brecha del producto de Estados Unidos respecto a su potencial, la cual se toma como indicador del nivel de actividad mundial. Sin embargo, también se evalúa constantemente la evolución del PBI de nuestros principales socios comerciales, agregando esta información a las estimaciones de la brecha externa cada vez que se considera conveniente.

2.2 Ecuación de inflación (Curva de Phillips)

En el MPT, la inflación es medida como la variación del Índice de Precios al Consumidor, el cual se divide en dos componentes: inflación no subyacente y subyacente. El primer componente mide la inflación ligada a factores de oferta exógenos mientras que la inflación subyacente está asociada a movimientos determinados por presiones de demanda en uno u otro sentido.

En la práctica, descomponer la inflación total en una medida subyacente y otra no-subyacente es un ejercicio delicado puesto que las dos medidas mencionadas son definiciones teóricas no observables directamente. Para el Perú, existen diversos trabajos en los que se han realizado estimaciones de inflación subyacente; por su parte, el banco central publica mensualmente una versión de inflación no subyacente basado en la exclusión de una serie de rubros del IPC como algunos alimentos cuyos precios tienen alta variabilidad mensual, combustibles, servicios públicos y transporte (ver Notas de Estudios No. 11 del BCRP).

La inflación total se puede expresar en términos de la inflación subyacente y no subyacente a través de la siguiente aproximación lineal

$$\pi_t = c_{ps}\pi_t^{suby} + (1 - c_{ps})\pi_t^{nosuby} \quad , \qquad (2.22)$$

la variable π^{nosuby} representa a la inflación no subyacente mientras que π^{suby} es la inflación subyacente.

La inflación no subyacente posee dos componentes: primero, los choques exógenos a alimentos y combustibles no ligados a la política monetaria, y luego la tendencia de ser "atraída" secularmente por la inflación subyacente. Los choques exógenos importan en la medida que estos desvían a la inflación no subyacente de la senda fijada por la subyacente. En el largo plazo, el mejor predictor de la inflación no subyacente es la inflación subyacente.

Por otra parte, el comportamiento de la inflación subyacente está determinado por una Curva de Phillips del tipo neo-keynesiano que considera la existencia de rigideces en la formación de precios de la economía. La ecuación está dada por

$$\begin{aligned}\pi_t^{suby} &= b_m[\pi_{t-1}^m - \Delta q_{ss}] + (1-b_m)\{b_\pi \pi_{t-1}^{suby} + (1-b_\pi)E_t^N[\pi_{t+1}]\} + \ldots \\ &\ldots + b_y[c_y y_t^{gap} + (1-c_y)y_{t-1}^{gap}] + \varepsilon_{\pi,t} \quad ,\end{aligned} \tag{2.23}$$

aquí, π_t^{suby} es la inflación subyacente, π_t^m es la inflación importada, Δq_{ss} es la depreciación real de estado estacionario, $E_t^N[\pi_{t+1}]$ es la expectativas de inflación, y_t^{gap} es la brecha del producto y finalmente $\varepsilon_{\pi,t}$ representa a los choques de oferta a la inflación.

A través de la ecuación (2.23) se modela varios canales por los cuales la política monetaria puede afectar la inflación, entre ellas tenemos el impulso de inflación a través de costos, el canal directo de expectativas de inflación y el canal tradicional ligado a las presiones de demanda.

2.2.1 Impulso por costos (Inflación importada de insumos, tipo de cambio)

El impulso por costos viene dado por el efecto traspaso (*pass-through*) de la inflación importada sobre los precios de los bienes finales, ya sea a través del efecto directo de los bienes importados en la canasta del consumidor final como por la influencia de los costos de los insumos importados[18]. La inflación importada considerada en el modelo corresponde al componente importado del Índice de Precios al Por Mayor (IPM), el cual depende de su inercia, la inflación no subyacente de combustibles y la inflación externa expresada en moneda local:

$$\begin{aligned}\pi_t^m &= c_{pi}\pi_{t-1}^m + (1-c_{pi})*(c_{nscomb}\pi_{comb,t-1}^{nosuby}) + \ldots \\ &\ldots(1-c_{nscomb})*(4*(s_t - s_{t-1}) + \pi_t^*) + \varepsilon_{m,t} \quad ,\end{aligned} \tag{2.24}$$

[18] Miller (2003) y Winkelried (2003) discuten los efectos del tipo de cambio en el canal de distribución y proveen evidencia empírica sobre efecto traspaso en el Perú.

donde s_t es el tipo de cambio nominal, $\pi_{comb,t}^{nosuby}$ es la variación de precios internos de combustibles, π_t^* es la inflación externa y $\varepsilon_{m,t}$ representa a los choques a la inflación importada.

2.2.2 Canal de expectativas

El término de expectativas representa la inflación total esperada para el siguiente trimestre, la cual viene dada por

$$E_t^N[\pi_{t+1}] = (1 - c_P)E_t[\pi_{t+1}^{suby}] + c_P\pi_{t-1}^{suby} + \varepsilon_{E\pi,t} \quad , \qquad (2.25)$$

es decir, las expectativas de inflación del modelo se forman como un promedio ponderado entre la inflación subyacente del pasado (componente que mira hacia atrás), y la inflación subyacente matemáticamente esperada para el siguiente periodo.

En la práctica, las expectativas de inflación en el modelo son extraídas a partir de las encuestas de expectativas y del *Consensus Forecast* publicado por *Consensus Economics*.

2.2.3 Impulso de demanda

El impulso de demanda está definido por la brecha producto, considerándose un promedio ponderado de la brecha producto corriente y la del trimestre anterior con el fin de suavizar su efecto y otorgarle mayor inercia a la dinámica del modelo.

A partir de este impulso se puede observar de manera indirecta el efecto de la política monetaria sobre la inflación. Como se observó en la ecuación (2.1), la autoridad monetaria a través del canal de tasas de interés, influye sobre la demanda agregada y ésta a su vez afecta la inflación subyacente.

Se puede notar que en el corto plazo, una mayor brecha del producto (y por ende mayor crecimiento de la demanda) implica mayor inflación. Como en cualquier modelo de política monetaria, un impulso monetario positivo que afecte a la demanda tiende a trasladarse sobre la inflación en el mismo sentido. Sin embargo, una política monetaria que se mantiene expansiva

siempre[19] si bien genera una ganancia de producto inicial, en el largo plazo lo único que logra es mayor inflación y un efecto nulo sobre el crecimiento.

La anterior propiedad de independencia de las variables reales respecto a las variables nominales[20] se puede inducir mediante el supuesto de que los parámetros del lado derecho de la ecuación que afectan a las tasas de inflación suman la unidad[21] y por ello, la curva de Phillips de largo plazo se vuelve vertical.

2.2.3.1 Ecuación de Tipo de Cambio: Paridad Descubierta de Tasas de Interés

La dinámica de corto plazo del tipo de cambio *spot* respecto al dólar es consistente con la condición de paridad descubierta de tasas de interés. Es decir, ésta refleja los diferenciales de rendimiento entre activos financieros denominados en soles y los denominados en dólares (paridad de tasas de interés), y además se incluye una prima por riesgo cambiario y un factor aleatorio.

$$4(E_t^N[s_{t+1}] - s_t) = i_t - i_t^s - prem_t + \varepsilon_{s,t} \quad , \qquad (2.26)$$

donde s_t es el tipo de cambio nominal sol por dólar, $E_t^N[s_{t+1}]$ es el tipo de cambio nominal esperado, i_t es la tasa de interés nominal doméstica de corto plazo, i_t^s es la tasa de interés nominal externa de corto plazo, $prem_t$ es la prima por riesgo cambiario y $\varepsilon_{s,t}$ es el choque financiero.

Para el caso de las expectativas de tipo de cambio nominal del siguiente periodo, se asume que estas tienen un componente similar a las expectativas a un año (ver ecuación 2.9)

$$E_t^N[s_{t+1}] = (1 - c_s)E_t[s_{t+1}] + c_s s_{t-1} + \varepsilon_{Es,t} \quad , \qquad (2.27)$$

[19] Por sobre los parámetros que definen una situación de impulso monetario neutro.

[20] Esta propiedad de independencia permite pensar en una posición de política neutral y mantenerse expansivo o contractivo respecto a esa posición por periodos prudentes y consecuentes con la meta de inflación. Esto garantiza que la inflación en promedio se mantenga en la meta y que el crecimiento en promedio sea igual al potencial.

[21] Este es el supuesto de homogeneidad lineal usualmente asumido en la construcción de curvas de Phillips.

donde $0<c_e<1$ es el peso del componente inercial[22]. Si se reemplaza la ecuación anterior sucesivamente hacia adelante, se obtiene la solución a la ecuación de corto plazo del tipo de cambio

$$e_t = e_{t-1} - \frac{1}{4c_s}\sum_{j=1}^{\infty}\left(\frac{1-c_s}{c_s}\right)^j E_t^N\left(i_{t+j} - i_{t+j}^* - prem_{t+j} - \varepsilon_{e,t+j}\right). \tag{2.29}$$

De esta manera, el tipo de cambio nominal responde tanto a su valor anterior como a la suma descontada de los diferenciales futuros de tasas de interés y prima por riesgo otorgándose un menor peso conforme estos estén más alejados en el tiempo. Un aumento de la inercia disminuye la influencia de las tasas de interés y las primas por riesgo futuras sobre el tipo de cambio para todos los horizontes. A través de esta estructura, el MPT incorpora implícitamente el efecto que tiene la política de intervenciones cambiarias del BCRP sobre la volatilidad del tipo de cambio. En la medida que el esquema de flotación cambiaria permita más volatilidad, se inducirá a que la formación de expectativas sea menos dependiente del rezago del tipo de cambio (parámetro c_s más reducido).

2.3 Regla de Comportamiento del Instrumento de Política Monetaria

El último bloque del modelo es el que define el comportamiento de la autoridad monetaria. Generalmente, la conducta del banco central se establece por medio de una ecuación que fije el valor de la variable controlada por el banco central en función de argumentos que definen el estado de la economía. Como es estándar, el modelo asume que la variable instrumental es la tasa de interés interbancaria. En la práctica, el valor promedio mensual de la tasa de interés interbancaria es inducido por el banco central con un alto grado de precisión. Esto se logra gracias a las operaciones monetarias diarias que inyectan o extraen liquidez en el mercado interbancario de manera que se induzca una tasa de préstamos interbancarios bastante cercano a la tasa de referencia fijada por el banco central[23].

En el MPT el comportamiento del Banco Central se resume en una regla previsora para la tasa de interés interbancaria trimestral Esta regla asume que la autoridad monetaria reacciona

[22] Se asume que en estado estacionario, la inflación meta iguala a la inflación externa y que no existe ni depreciación ni apreciación secular del tipo de cambio real.

[23] Este corredor de referencia esta determinada por las tasas que fija el banco central para préstamos y depósitos overnight. El banco central entonces mueve la tasa interbancaria al cambiar autónomamente estas tasas de referencia.

sistemáticamente moviendo la tasa interés para lograr que la inflación se ubique en torno a la meta escogida. La regla utilizada, entonces, define una dinámica de control y retroalimentación que bajo expectativas racionales garantiza que la inflación efectivamente en promedio se ubique en la meta.

Un ejemplo sencillo de este tipo de control es la regla de Taylor[24] que hace que la tasa de interés dependa de la brecha producto y de la inflación contemporáneas. En el caso del MPT, la regla introducida es previsora[25] en el sentido de que el Banco Central modifica su tasas de interés en anticipación a los desvíos de la inflación futura respecto a la meta.

Al mover la tasa de interés interbancaria[26], el banco induce movimientos en las tasas nominales de mayor plazo y así en las tasas reales de largo plazo, motivando de esta manera el canal de tasas de interés doméstica para afectar la demanda y la inflación.

Asimismo, la estructura planteada para la regla de tasa de interés da forma al canal de expectativas. Los agentes incorporan en el cálculo de expectativas racionales el hecho de que el banco reacciona numéricamente según una regla de política consistente con su meta inflacionaria. Si por ejemplo la regla fuera construida para reaccionar a desvíos de la inflación respecto a un valor arbitrario y no la meta, entonces los agentes incorporarían esta información y las expectativas serían consecuentes con esta regla modificada. A continuación se detalla la forma específica de la regla utilizada

$$\begin{aligned} i_t = f_i i_{t-1} + (1 - f_i)\{i_t^{neutral} + f_\pi \pi_{4,t}^{dev,1} + \ldots \\ \ldots f_y [c_y y_t^{gap} + (1 - c_y) y_{t-1}^{gap}]\} + \varepsilon_{i,t} \quad , \end{aligned} \tag{2.30}$$

donde i_t es la tasa de interés nominal doméstica de corto plazo, $i_t^{neutral}$ es la tasa de interés nominal neutral, $\pi_{4,t}^{dev,1}$ es el desvío proyectado un año adelante de la inflación subyacente

24 Introducida por John B. Taylor para la economía norteamericana en su artículo Taylor (1993).

25 Más conocido por el término en idioma inglés de inflation forecast rule. Este tipo de reglas fue introducido formalmente por Batini y Haldane (1998) Clarida, Gali, y Gertler (2000) muestran evidencia de que este comportamiento previsor caracteriza la toma decisiones de los bancos centrales de países industrializados.

26 Dado que el banco central controla la tasa de interés de corto plazo, la cantidad de dinero es endógena y se determina por la demanda de dinero. Por tanto, en el modelo no hay un rol explícito para la masa monetaria. Esto es usual en los modelos usados por bancos centrales que utilizan la tasa interés como instrumento de política monetaria. La racionalidad teórica puede estudiarse en Woodford (2003) y Goodhart (2001)

acumulada en 4 trimestres, y_t^{gap} es la brecha del producto, $\varepsilon_{i,t}$ es el ajuste no sistemático de política monetaria

Según la ecuación (2.30), la tasa de interés de corto plazo depende de tres componentes i) el rezago de la propia tasa de interés (componente inercial), ii) un componente sistemático que refleja la idea de control-retroalimentación descrita líneas arriba y iii) choques de política monetaria que capturan movimientos de tasa no explicadas por los factores sistemáticos.

El componente inercial de regla refleja la tendencia de los bancos centrales a suavizar los cambios en la tasa de interés nominal en respuesta a los cambios en las condiciones económicas[27].

Por su parte, el componente sistemático resume la respuesta de la tasa de interés a factores que indiquen presiones inflacionarias o deflacionarias. Estos factores se concentran en la tasa de interés neutral, las desviaciones esperadas un año adelante de la inflación subyacente anual respecto a la meta y la brecha producto de los periodos corriente y pasado.

En este punto es posible analizar la manera como opera el canal de transmisión de política monetaria. Un aumento de la tasa de interés nominal afecta a la demanda agregada por medio de múltiples canales. En primer lugar, la elevación de la tasa nominal se traslada sobre las tasas nominales de más largo plazo en soles y éstas sobre la tasa de interés real en soles, generando la desaceleración de la actividad económica. Adicionalmente, el aumento de la tasa nominal va acompañado de una apreciación del tipo de cambio nominal y la consecuente depreciación esperada, determinadas ambas por la ecuación de paridad no cubierta de tasas de interés. Este último efecto incrementa el costo relevante de los préstamos en dólares para agentes del sector transable, provocando la disminución de la demanda agregada. En consecuencia, la estructura del MPT indica que aún bajo una alta dolarización, la política monetaria es capaz de afectar a las tasas de interés reales en dólares a través de las expectativas de tipo de cambio, hecho que refuerza los efectos del canal de tasa de interés doméstica.

La tasa de interés neutral representa el nivel de tasa de interés que prevalecería si no hubiera presiones inflacionarias o deflacionarias que requieran que un banco central actúe. Es decir, la tasa de interés neutral es el nivel de tasa de interés que es consistente con una situación en la

[27] Rudebusch (1995) provee evidencia estadística de este comportamiento en países industrializados. Asimismo, Goodhart (1998) provee una explicación interesante de este comportamiento inercial.

que la inflación y las expectativas de inflación están estables en el nivel meta, además de implicar que la brecha producto en el presente y en el futuro es nula. En el MPT, esta tasa es representada por la siguiente ecuación.

$$i_t^{neutral} = r_t^{eq} + \pi_{ss} \quad , \tag{2.31}$$

donde r_t^{eq} es la tasa de interés real doméstica de equilibrio y π_{ss} es la tasa de inflación de estado estacionario.

Es importante precisar que la regla de tasa de interés del MPT sirve sólo como una referencia para la conducción de la política monetaria. En realidad, la fijación de la tasa de interés se realiza a través de un proceso más complejo y toma en cuenta muchos otros factores que aquellos considerados en el presente modelo. Asimismo, al servir solamente como una guía de política, la regla de tasa de interés no necesariamente sigue un criterio de optimización[28].

3. Dinámica del MPT

En esta sección se presentan algunos ejercicios de simulación realizados con el MPT condicional a los parámetros detallados Departamento de Modelos Macroeconómicos (2009). El análisis supone que la economía que representa el MPT se encuentra inicialmente en su estado estacionario – básicamente, el producto efectivo coincide con su nivel potencial y la inflación se encuentra alineada con la meta de inflación – y luego alguna de las variables claves es perturbada por un choque. Este tipo de simulaciones permiten obtener las funciones impulso-respuesta del modelo, las cuales representan la dinámica generada en las variables conforme el choque se propaga. Los ejercicios consisten en: choque de política monetaria (durante un trimestre y un año), choque de demanda agregada (durante un trimestre), choque de oferta agregada (durante un trimestre), y choque al tipo de cambio nominal (tradicional y con efecto hoja de balance).

3.1 Choque de política monetaria

Esta simulación consiste en una desviación de 1 por ciento en la tasa de interés de corto plazo controlada por el banco central respecto a su estado estacionario. Se realizaron dos ejercicios, el primero considera un aumento temporal durante un trimestre mientras que el segundo asume que la tasa de interés se mantiene un punto porcentual por encima de su estado estacionario durante 4 trimestres (1 año). El objetivo de esta simulación es observar el impacto máximo de la

[28] Las reglas de política óptimas se derivan de alguna función de pérdida atribuible al banco central que se minimiza considerando la restricción impuesta por las ecuaciones del modelo.

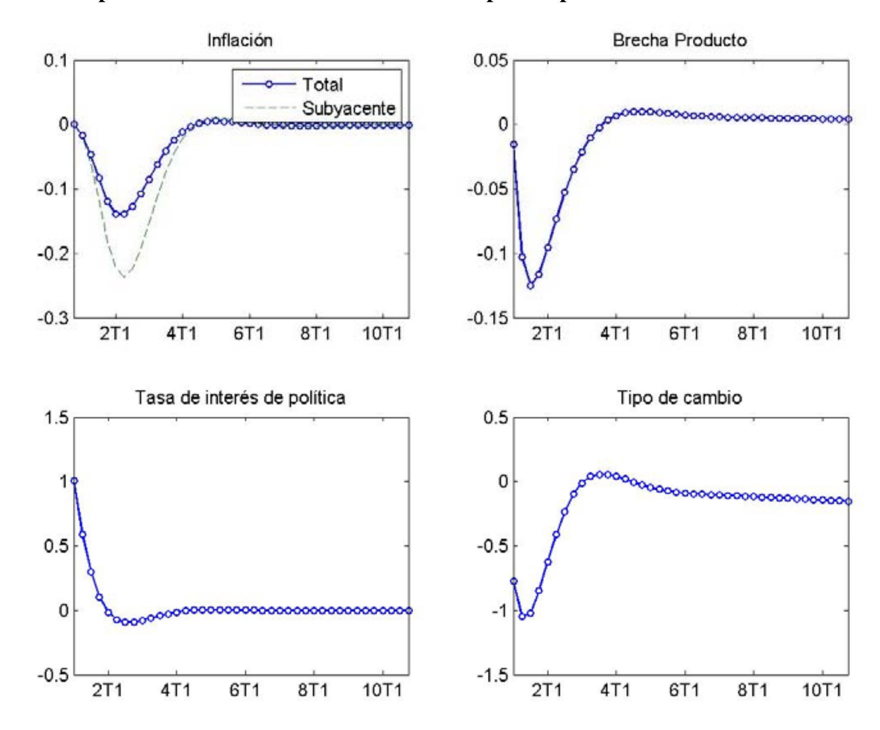
política monetaria sobre las variables macroeconómicas de interés, así como contabilizar los rezagos existentes entre la transmisión de las acciones de política monetaria y los resultados emergidos de éstas.

El gráfico 1 presenta las respuestas del modelo ante un incremento de un punto porcentual durante un trimestre. En este gráfico se muestra la dinámica de las principales variables del modelo: inflación (total y subyacente, expresadas en tasa anualizada), brecha producto, tasa de interés interbancaria y tipo de cambio nominal.

El incremento de la tasa de interés durante 1 trimestre contrae la brecha producto a través de distintos canales. Por un lado, la reacción de la tasa de interés eleva la tasa real del financiamiento y ahorro en moneda doméstica. Por otro lado, el mayor diferencial de tasas de interés a favor de la moneda doméstica genera una apreciación del tipo de cambio nominal de 1 punto porcentual como máximo en un lapso de 2 trimestres y de 0.15 por ciento permanentemente. Ambos efectos contraen la demanda agregada (brecha producto). La caída en la demanda agregada muestra un efecto máximo de alrededor de -0.1 por ciento aproximadamente en el tercer trimestre, mientras que la contracción de la demanda por debajo del nivel potencial dura 10 trimestres.

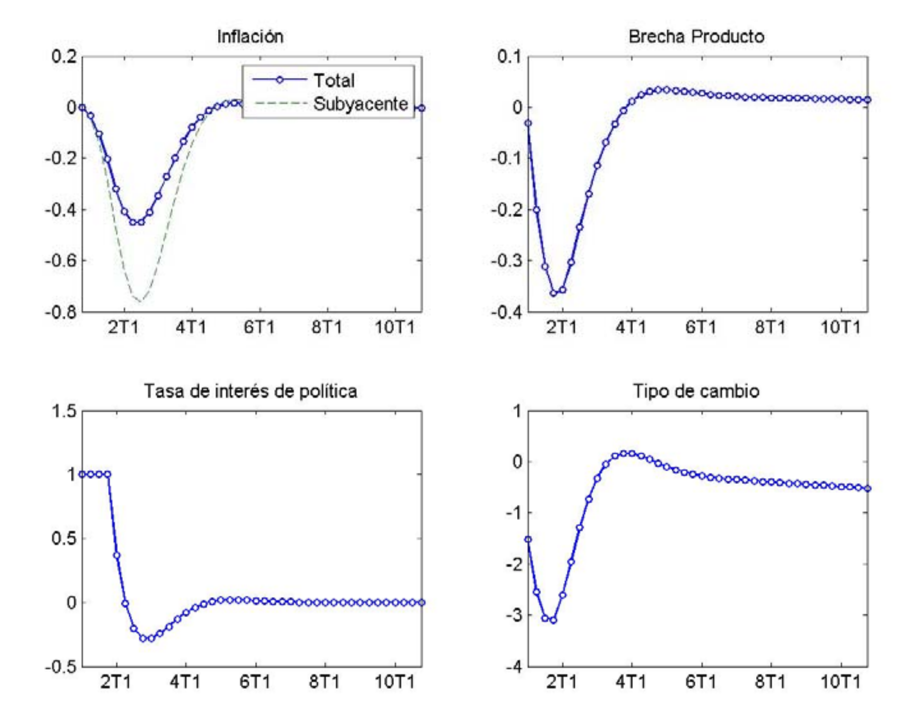
El impulso negativo de la demanda agregada se traslada sobre los precios y, junto a la reducción de las presiones inflacionarias del tipo de cambio, provoca una reducción de la tasa de inflación (total y subyacente) por debajo de su nivel inicial (meta de inflación). La inflación subyacente disminuye a lo sumo en alrededor de 0.25 puntos porcentuales (-0.15 por ciento en el caso de la inflación total) en el sexto trimestre. Conforme el choque se propaga, la autoridad monetaria inicia un proceso de corrección, bajando la tasa de interés respecto a su punto inicial, hecho que permite que tanto la demanda agregada como la inflación regresen a su posición de estado estacionario.

Gráfico 1a. Choque de política monetaria (transitorio = 1 trimestre). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



El gráfico 1b presenta las respuestas del modelo cuando el aumento de la tasa de interés perdura por 4 trimestres. Las características de la transmisión del choque son esencialmente las mismas que las del caso anterior. No obstante, se observan diferencias importantes en la magnitud de las respuestas de las variables. En este caso, la demanda agregada se contrae como máximo en casi 0.4 puntos porcentuales por debajo de su nivel inicial en el cuarto trimestre. La contracción de la demanda dura 11 trimestres en revertirse. Asimismo, el tipo de cambio sufre una apreciación cercana al 3 por ciento como máximo en el cuarto trimestre y de medio punto porcentual a perpetuidad. Ambos resultados generan una contracción de la inflación subyacente de 0.8 por ciento después de 7 trimestres (-0.4 por ciento en el caso de la inflación total).

Gráfico 1b. Choque de política monetaria (permanente = 4 trimestres). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.

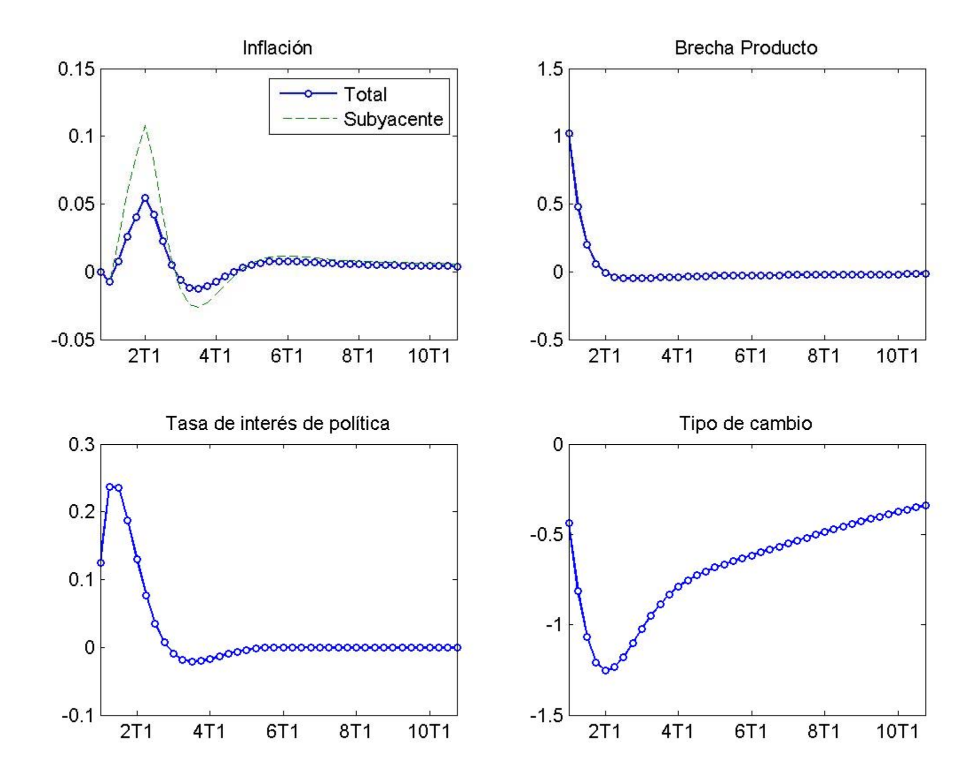


3.2 Choque de demanda

En esta simulación, la economía que representa el MPT es afectada por un choque positivo de 1 por ciento en la brecha producto durante un trimestre.

El gráfico 2 muestra las respuestas de las principales variables del modelo. El aumento de la brecha producto genera presiones inflacionarias que producen un aumento de la inflación (total y subyacente) por encima de su nivel de equilibrio. La desviación de la inflación subyacente llega a ser cercana al 0.1 por ciento, mientras que la inflación total se desvía en 0.05 por ciento respecto a la meta. Ambos desvíos máximos se dan dentro de 6 trimestres.

Gráfico 2. Choque de demanda agregada. El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



En este contexto, el banco central decide aumentar la tasa de interés con el objetivo de frenar las presiones inflacionarias y garantizar que la meta inflacionaria sea cumplida. En impacto, la tasa de interés aumenta en 0.1 por ciento para luego seguir aumentando hasta ubicarse alrededor de 0.2 por ciento por encima de su nivel base en el segundo trimestre. Tal reacción opera directamente a través de un incremento de la tasa de interés real y de la apreciación del tipo de cambio (la apreciación máxima es 1.3 por ciento en el quinto trimestre), llegando a contener las presiones inflacionarias originadas por el choque en la brecha producto.

Así, la brecha producto y la inflación retornan gradualmente a sus niveles de equilibrio. En el caso de la brecha producto, el proceso de retorno dura alrededor de 5 trimestres, mientras que la inflación subyacente y total tardan 9 a 10 periodos en centrarse alrededor del nivel meta.

3.3 Choque de oferta agregada

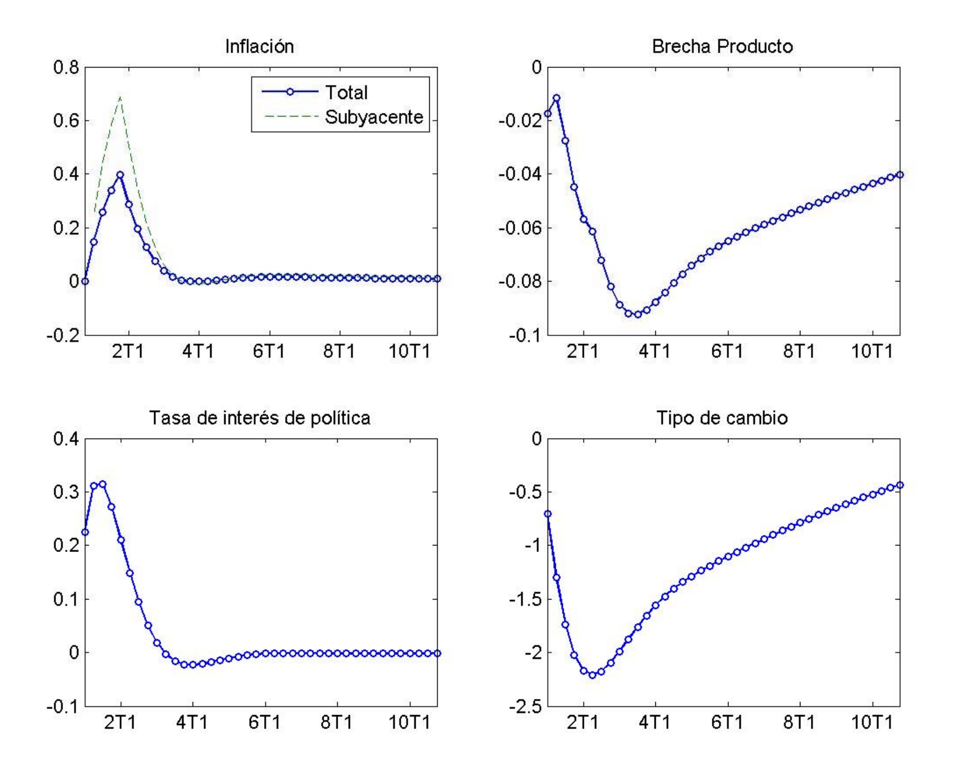
En este ejercicio se considera un aumento de la inflación subyacente en 1 por ciento durante un trimestre. El gráfico 3 muestra la respuesta del modelo ante un cambio de dicha naturaleza. El impulso inflacionario generado desde la oferta agregada provoca que tanto la inflación

subyacente como total se desvíen por encima de la meta. En el caso de la inflación subyacente, esta desviación es cercana al 0.4 por ciento en impacto y como máximo 0.7 por ciento luego de 5 trimestres de recibir el choque.

Ante este entorno inflacionario, el banco central decide elevar por dos años su tasa de interés hasta un máximo de 0.3 por ciento por arriba de su nivel inicial.

Como se puede observar, la tasa de interés nominal reacciona ante la subida de la tasa de inflación, lo cual genera que las condiciones monetarias se contraigan y el tipo de cambio nominal se aprecie. Ambos factores inducen una desaceleración de la demanda agregada y menores presiones inflacionarias por el canal de la inflación importada.

Gráfico 3. Choque de oferta agregada. El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



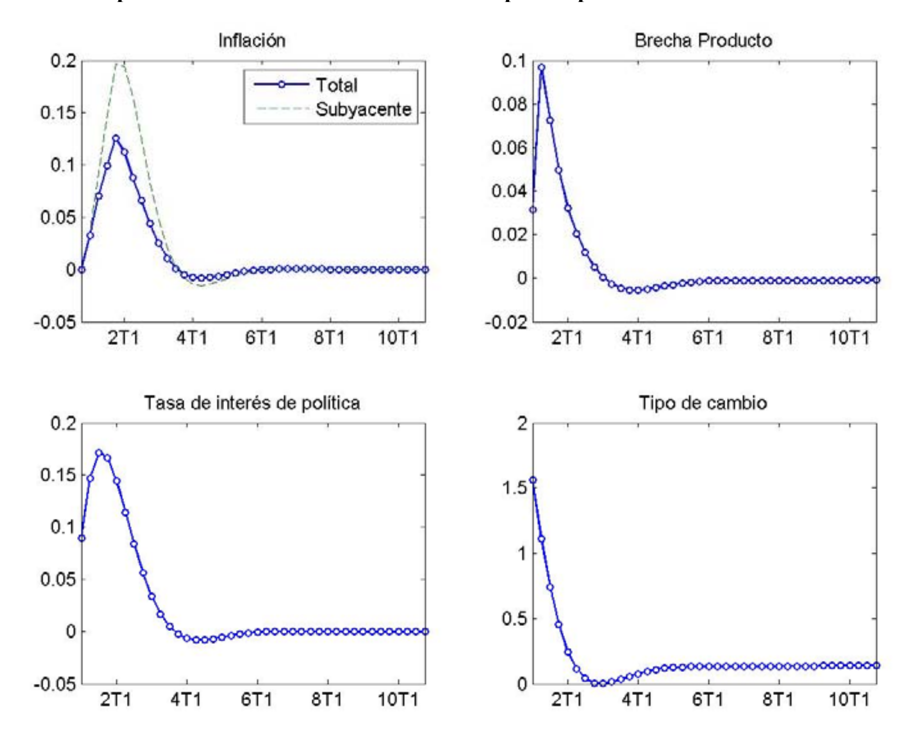
3.4 Choque en el tipo de cambio

En esta simulación, el modelo recibe un choque en la ecuación de paridad no cubierta de tasas de interés, induciendo un incremento del tipo de cambio en 1 por ciento en un primer escenario donde se considera los efectos tradicionales del tipo de cambio, y un incremento del tipo de



cambio de 10 por ciento en un segundo escenario que incorpora los efectos perniciosos de una depreciación en una economía con dolarización financiera.

Gráfico 4a. Choque de tipo de cambio (con efecto tradicional). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



Las respuestas del modelo bajo el enfoque tradicional se presentan en el gráfico 4a. La depreciación del tipo de cambio nominal abarata relativamente los bienes domésticos con relación a los bienes externos (mecanismo tradicional), generando que la brecha producto se expanda luego de un periodo en aproximadamente 0.1 por ciento. En paralelo, tanto la inflación subyacente como la total inician una tendencia al alza, desviándose como máximo en cerca de 0.1 y 0.2 puntos porcentuales respectivamente, en el cuarto trimestre.

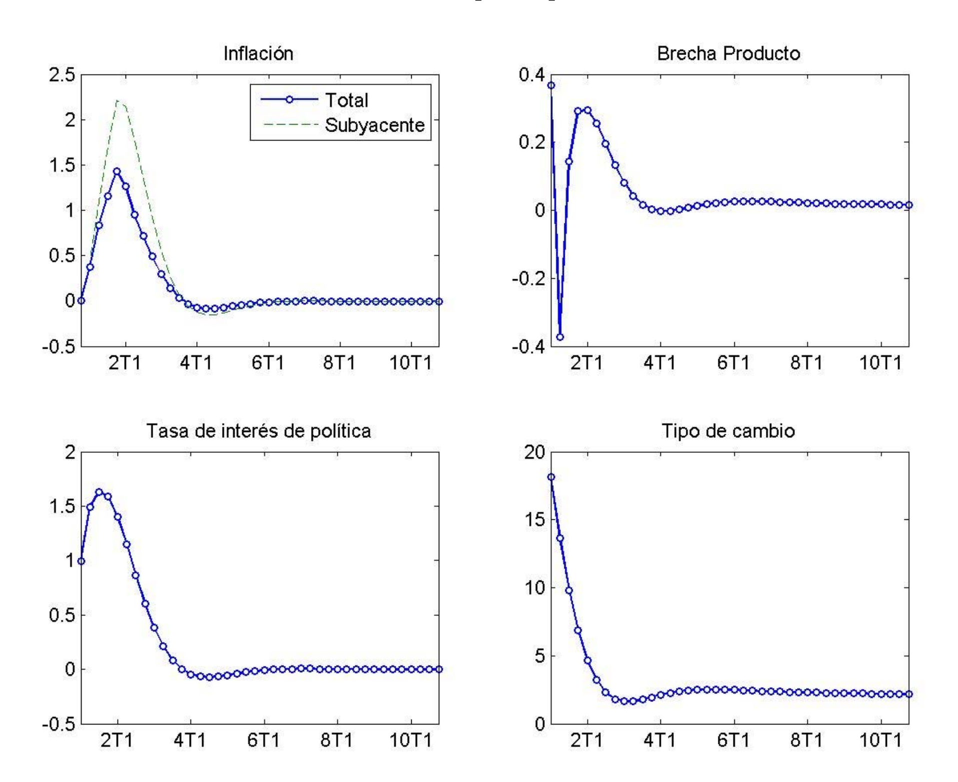
El surgimiento de las presiones inflacionarias responde a dos factores: la demanda agregada y el traspaso directo del tipo de cambio a los precios domésticos. En tal entorno, el banco central eleva su tasa de interés con el fin de mantener las presiones inflacionarias bajo control. Dicha reacción conduce la tasa de interés en un impacto de 0.1 por ciento por encima de su nivel base, para luego incrementarse continuamente hasta un máximo próximo de 0.2 por ciento en el tercer trimestre.

La respuesta oportuna del banco central, logra revertir la tendencia inflacionaria y estabilizar el producto. Así, tanto la inflación subyacente como total se aproximan al nivel meta después de 11 trimestres, mientras que el producto regresa a su nivel potencial luego de 8 a 9 trimestres.

El siguiente ejercicio consiste en un choque sobre el tipo de cambio de una magnitud de 10 por ciento, pero que es acompañado por un ajuste de las expectativas de tipo de cambio en el mismo sentido y magnitud del choque.

La respuesta del modelo bajo este escenario se muestra en el gráfico 4b. De manera similar al caso anterior, la depreciación del tipo de cambio presiona al alza los precios domésticos, hecho que se revela en el aumento de la inflación (subyacente y total). Simultáneamente, ante el desvío de la inflación subyacente respecto a la meta, la autoridad monetaria incrementa su tasa de interés.

Gráfico 4b. Choque de tipo de cambio (con efecto adverso). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



La diferencia esencial entre este ejercicio y el anterior es que el tipo de cambio presenta un efecto adverso sobre la demanda agregada debido al efecto de hoja de balance. El aumento del nivel de tipo de cambio junto al incremento del tipo de cambio esperado eleva la tasa de interés

real en dólares que afecta a los productores de bienes no transables. En lugar del efecto tradicional, la demanda agregada se deprime y cae transitoriamente por dos periodos hasta aproximadamente 0.4 punto porcentual en el segundo trimestre.

Tal comportamiento de la brecha producto resulta en distintas dinámicas en la inflación y la tasa de interés. El impulso negativo de la demanda agregada contiene parcialmente el traslado del tipo de cambio a precios. Así bajo este escenario, el aumento máximo de la inflación subyacente es alrededor de 1.5 puntos porcentuales. Como consecuencia de lo anterior, la tasa de interés nominal también se eleva a un máximo de 1.6 puntos porcentuales.

4. Consideraciones finales

Este documento contiene una descripción medianamente detallada del Modelo de Proyección Trimestral (MPT). Una revisión un poco más detallada y con una descripción del sistema de predicción de la Gerencia de Estudios Económicos del Banco Central puede ser consultada en Departamentos de Modelos Macroeconómicos (2009)[29].

Es importante mencionar que las diferentes versiones del MPT son parte de un continuo proceso de aprendizaje para entender mejor las fuerzas motoras que mueven las distintas variables de la economía peruana. En este esfuerzo de comprensión, se entiende que el MPT, al ser un modelo lineal relativamente sencillo, hace muy difícil simular efectos altamente no-lineales como la presencia de umbrales en los que se activan efectos financieros perniciosos como el de hoja de balance. Es por ello que una línea de investigación propugnada por el BCRP es la incorporación de modelos de equilibrio general que contengan no-linealidades enraizadas en los parámetros de preferencias o tecnologías.

Otro punto en el que el MPT puede ser mejorado es la interacción entre los ciclos económicos de corto plazo y tendencias de equilibrio. Actualmente, el bloque de tendencia, si bien es parte del análisis en el sistema de proyección, es totalmente exógeno al modelo. Asimismo, existe la necesidad de incluir el análisis de choques, como la dinámica de la deuda pública o las reservas internacionales, para enfocar preguntas sobre sostenibilidad fiscal por ejemplo. Por ahora, el modelo de predicción no puede responder preguntas en la que los stocks desempeñen un rol. Sin embargo, el MEGAD descrito en Castillo et.al (2009) incorpora explícitamente la modelación de stocks.

[29] En el apéndice adjunto se detallan todas las variables, especificaciones y parámetros del MPT.

Durante 2008, el MPT tuvo una actualización sustancial debido a la introducción de instrumentos adicionales de política monetaria como las tasas de encaje, asimismo se incorporaron modificaciones en las ecuaciones que describen el comportamiento del traspaso de tasas de interés de corto a largo plazo. Estas modificaciones recientes se encuentran en evaluación y no forman parte del presente documento.

Referencias Bibliográficas

Batini, N. y A. Haldane (1998), “Forward-Looking rules for monetary policy”, NBER Working Paper **6543**.

BCRP. (2006), “Evaluación de indicadores de inflación subyacente”. Notas de Estudio N° **11**, abril 2006.

Berg, A., P. Karam y D. Laxton (2006a), “A Practical Model Based Approach to Monetary Policy Analysis–Overview”. IMF Working Paper **06/80**.

Berg, A., P. Karam y D. Laxton (2006b), “A Practical Model Based Approach to Monetary Policy Analysis–How-to-Guide”. IMF Working Paper **06/81**.

Bigio, S. y J. Salas (2006), "Non-linear Effects of Monetary Policy and Real Exchange Rate Shocks in a Partially Dollarized Economy: An Empirical Analysis for Peru". *Money Affairs*, **XIX (1)**, 25-55.

Castillo, P., C. Montoro y V. Tuesta (2009), “Un Modelo de Equilibrio General con Dolarización para la Economía Peruana”. BCRP, Documento de Trabajo N° **2009-003**.

Departamento de Modelos Macroeconómicos (2009), “Modelo de Proyección Trimestral del BCRP”. BCRP, Documento de trabajo N° **2009-006**.

Clarida, R. J. Gali, y M. Gertler (2000), “Monetary policy rules and macroeconomic stability: evidence and some theory”, *Quarterly Journal of Economics* ***115***, 147-180.

Goodhart, C.A.E, (1998), “Central Bankers and Uncertainty”, *Proceedings of the British Academy: 1998 Lectures and Members*. Oxford University Press, 1999

Goodhart, C.A.E, (2001), “Monetary Policy Transmission Lags and the Formulation of the Policy Decision on Interest Rate”, *The Federal Reserve of St. Louis Review*, **enero/febrero 2001**.

Luque, J. y M. Vega (2003), “Usando un modelo semi-estructural de pequeña escala para hacer proyecciones: Algunas consideraciones”, Revista de Estudios Económicos N° **10**, Noviembre 2003.

Miller, S. (2003), “Estimación del pass-through del tipo de cambio a precios: 1995-2002”. Revista de Estudios Económicos N° **10**, BCRP, Noviembre 2003.

Rudebusch, G. (1995), "Federal Reserve interest rate targeting, rational expectations, and the term structure", *Journal of Monetary Economics* ***35***, 245-274.

Taylor, J. (1993), "Discretion versus policy rules in practice", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* ***39***, 195-214

Winkelried, D. (2003), "¿Es asimétrico el pass-through en el Perú?", Revista de Estudios Económicos N° **10**, BCRP, Noviembre 2003.

Woodford, M. (2003), *Interest and Prices: Foundations of Monetary Theory*. Princeton: Princeton University Press.